

**DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA PERSONAS
CUADRIPLÉJICAS UTILIZANDO SISTEMAS EMBEBIDOS**

**MIGUEL ANGEL FERNANDEZ SANJUANELO
ALEXANDER FABIAN HAMBURGER VALENCIA**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE INGENERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMA
BARRANQUILLA**

2019

**DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA PERSONAS
CUADRIPLÉJICAS UTILIZANDO SISTEMAS EMBEBIDOS**

**MIGUEL ANGEL FERNANDEZ SANJUANELO
ALEXANDER FABIAN HAMBURGER VALENCIA**

PROYECTO DE GRADO

ING DE SISTEMAS

UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC

FACULTAD DE INGENERIA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMA

BARRANQUILLA

2019

Nota de aceptación

FIRMA DEL PRESIDENTE JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

DEDICATORIA

Primeramente, dar gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia especialmente a mi hermana y madre por el apoyo incondicional en cada proyecto de vida trazado, agradecer a los docentes que hicieron parte de mi formación académica como persona.

Miguel Ángel Fernández Sanjuanelo

En primera instancia agradezco a Dios por ser el motor fundamental en mi vida.

A mis padres por haberme brindado su apoyo, comprensión y paciencia en todo momento y su sacrificio y esfuerzo por darme una carrera para mi futuro.

A la universidad de la costa por permitirme realizar mis estudios.

A mis formadores, compañeros y amigos, personas de gran sabiduría quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento y se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me hoy encuentro.

Alexander Fabian Hamburger Valencia

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, dar gracias a Dios por permitirnos tener una buena experiencia dentro de la universidad y agradecer a la Universidad de la Costa, por permitirnos convertirnos en ser profesionales de Ingeniería de sistemas, agradezco a cada docente que hizo parte de mi proceso integral de formación, que deja como producto terminado esta tesis, que perdurará dentro de los conocimientos y desarrollo de las próximas generaciones por llegar en la facultad de ingeniería de sistemas.

Resumen

La imitación de habilidades naturales del ser humano constituye uno de los mayores retos que se enfrentan los científicos e ingenieros, actualmente La Organización Mundial de la salud (OMS) y el Banco Mundial han presentado una estimación mundial donde las cuales más de 1000 millones de personas en el mundo experimentan alguna forma de discapacidad.

Este proyecto plantea diseñar e implementar un sistema domótico que permita dar solución a las dificultades diarias que una persona con discapacidad pueda enfrentar en su diario vivir.

Este sistema es capaz de controlar una habitación domótica por medio de comandos de voz.

Esta aplicación va enfocada a personas con cuadriplejia. Una de las principales características es la implementación del reconocimiento de voz a través del dispositivo Easy Vr3, para obtener un control domótico, así mismo se integra sistemas embebidos como Arduino para la parte de programación. Como resultado se obtuvo un sistema domótico para personas con cuadriplejia controlado por voz, este sistema puede: abrir puertas, monitorear la temperatura, detección de humo, apagar y encender bombillos y así mismo la interacción con el usuario.

Palabras clave: (OMS), Discapacidad, Sistema domótico, Easy Vr3, Sistemas embebidos, Arduino, Programacion, Cuadriplejia

Abstract

The imitation of natural abilities of the human being constitutes one of the greatest challenges facing scientists and engineers, currently The World Health Organization (WHO) and the World Bank have presented a world time where the more than 1000 million people in the world experiencing some form of disability. This project will propose and implement a home automation system that allows to solve the daily difficulties that a person with disabilities may face in their daily lives. This system is capable of controlling a home automation room through voice commands. This application is focused on people with quadriplegia. One of the main features is the implementation of voice recognition through the Easy Vr3 device, to obtain home automation control, as well as embedded systems such as Arduino for the programming part. As a result, a home automation system was obtained for people with voice-controlled quadriplegia, this system can: open doors, monitor temperature, smoke detection, turn off and light bulbs and also interact with the user.

KeyWords: (OMS), Disability, Home automation system, Easy Vr3, Embedded systems, Arduino, Programming, Quadriplegia

Contenido

| | |
|---|----|
| Lista de tablas y figuras..... | 10 |
| 1. Introducción..... | 11 |
| 2. Planteamiento del problema..... | 12 |
| 3. Antecedentes..... | 13 |
| 4. Formulación del problema..... | 15 |
| 5. Justificación y alcance..... | 16 |
| 6. Objetivos | 17 |
| 6.1 Objetivo general..... | 17 |
| 6.2 Objetivo específico..... | 17 |
| 7. Marco de referencia..... | 18 |
| 7.1 Estado del arte..... | 18 |
| 8. Marco teórico..... | 20 |
| 8.1 Domótica..... | 23 |
| 8.2 Tipos de arquitectura..... | 24 |
| 8.2.1 Arquitectura centralizada..... | 24 |
| 8.2.2 Arquitectura descentralizada..... | 24 |
| 8.2.3 Arquitectura distribuida..... | 25 |
| 8.2.4 Arquitectura híbrida..... | 25 |
| 8.3 Medios de transmisión..... | 26 |
| 9. Aplicación domótica..... | 26 |
| 9.1 Reconocimiento de voz..... | 28 |
| 9.1.1 Características biométricas de la voz..... | 28 |
| 9.1.2 Entrenamiento del sistema de reconocimiento de voz..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 9.2 Funcionamiento del sistema..... | 29 |
| 9.3 Debilidades del sistema..... | 30 |
| 10. Elementos del sistema..... | 30 |
| 10.1 EasyVR..... | 30 |
| 10.2 Sensor de presencia..... | 32 |
| 10.3 Detectores infrarrojos..... | 33 |
| 10.4 Arduino..... | 33 |
| 10.5 Relé..... | 35 |
| 10.6 Sensor de Temperatura Dht11..... | 36 |
| 11. Metodología..... | 37 |
| 11.1 Preconfiguración de módulo de voz..... | 38 |
| 11.2 Configuración de módulo de voz..... | 39 |
| 11.3 Verificación de comandos..... | 40 |
| 12. Montaje..... | 41 |
| 12.1 Montaje de sensor de presencia..... | 42 |
| 12.2 Montaje de sensor de temperatura..... | 42 |
| 13. Análisis de resultados..... | 43 |
| 14. Comando de voz..... | 43 |
| 14.1 Sensores..... | 45 |
| 14.2 Potencia..... | 46 |
| 15. Conclusiones..... | 48 |
| 16. Recomendaciones..... | 49 |
| 17. Bibliografía..... | 50 |
| 18. Glosario..... | 53 |

Lista de tablas y figuras

Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Asignación de tareas a Arduino por medio de palabras clave..... | 18 |
| Tabla 2 Pruebas de reconocimiento de voz a distancia..... | 19 |
| Tabla 3 Resultados de la señal de encefalograma en cada sesión [2]..... | 19 |
| Tabla 4 Resultados offline [3]..... | 21 |
| Tabla 5 Resultados online [3]..... | 21 |
| Tabla 6 Resultados de la prueba del sistema domótico [4]..... | 22 |
| Tabla 7 Resultado de la prueba de distancia [4]..... | 23 |
| Tabla 8 Reconocimiento de comandos..... | 40 |

Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Señal EEG promedio de las sesiones [2]..... | 20 |
| Figura 2 Etapas del sistema domótico [4]..... | 22 |
| Figura 3 Arquitectura centralizada..... | 24 |
| Figura 4 Arquitectura descentralizada. | 25 |
| Figura 5 Arquitectura distribuida..... | 25 |
| Figura 6 Arquitectura híbrida..... | 26 |
| Figura 7 Entorno de Arduino. | 34 |
| Figura 8 Partes de un relé [15]..... | 36 |
| Figura 9 Diagrama de bloques según la metodología..... | 37 |
| Figura 10 Diagrama de bloques según la metodología..... | 38 |
| Figura 11 Sistema de la cortina..... | 41 |
| Figura 12 Sistema de la puerta..... | 41 |
| Figura 13 Sistema de cortina..... | 42 |
| Figura 14 Diagrama de bloques del sistema. | 43 |
| Figura 15 Dispositivo final de voz y potencia. | 43 |
| Figura 16 Módulo de voz..... | 44 |
| Figura 17 Sensor de movimiento. | 45 |
| Figura 18 Sensor de temperatura y humedad..... | 46 |
| Figura 19 Módulo de potencia. | 47 |

1. Introducción

Los sistemas domóticos son la nueva generación de hogares en las que la industria se está enfocando en estos tiempos. Se puede definir la domótica como un conjunto de servicios que por medio de sistemas tecnológicos cumplen unas tareas específicas para así satisfacer las necesidades básicas de una persona como son la seguridad, comunicación, gestión energética y confort. Al hablar de domótica se quiere hacer referencia a los mecanismos de automatización y de los sistemas del hogar como la iluminación, climatización, persianas, puertas y ventanas, cerraduras, electrodomésticos, entre otros.

El presente documento se habla la creación de un sistema para controlar una habitación para personas cuadripléjicas mediante la voz. Concretamente, este documento detalla el proceso de análisis, diseño, implementación y pruebas de un sistema de activado por comandos de voz.

El sistema domótico estará compuesto de un módulo de voz, Arduino, etapa de potencia, sensores y actuadores

Este documento se ha agrupado en 7 capítulos. Los capítulos que forman el núcleo de esta memoria y que ilustran el flujo de trabajo seguido durante el desarrollo de este proyecto son:

Formulación del problema, objetivos, marco teórico, metodología, análisis y Resultados. En la formulación de problema se describe porque se realiza este proyecto. En el capítulo de la Solución propuesta se explican varios aspectos sobre la solución diseñada, como por ejemplo la forma de uso del sistema, la arquitectura y la comunicación entre los distintos elementos. En el capítulo de la Implementación se detalla cómo se implementó la solución propuesta. Finalmente, el capítulo de Resultados se muestra las pruebas a las que se sometió la solución implementada y se discuten los resultados.

2. Planteamiento del problema

La discapacidad forma parte de la condición humana: casi todas las personas sufrirán algún tipo de discapacidad transitoria o permanente en algún momento de su vida, y las que lleguen a la senilidad experimentarán dificultades crecientes de funcionamiento. La discapacidad es compleja, y las intervenciones para superar las desventajas asociadas a ella son múltiples, sistémicas y varían según el contexto.

En nuestro proyecto aplicaremos la domótica para suplir las necesidades de una persona en estado de cuadriplejia. La domótica y de los diferentes tipos de sistemas de control domótico que se han desarrollado hasta el momento, se evidencia claramente el avance tecnológico que ha tenido este tipo de sistemas.

Proponemos un sistema domótico controlado a través de comandos de voz, lo cual podría solventar a usuario una mayor comodidad.

Algunas de las dificultades que atraviesa una persona con cuadriplejia en sus tareas rutinarias no automatizadas como por ejemplo el controlar el sistema de iluminación, apertura y cierre de puertas y ventanas.

3. Antecedentes

La domótica se inició a comienzo de la década de los 70, cuando aparecieron las primeras pruebas en pisos piloto. Ya en los 80 cuando se empezaron a comercializar los integrados, fue cuando la domótica se empezó a expandir al hogar. Allí es cuando la domótica consigue integrar dos sistemas (el eléctrico y el electrónico) en pos de la comunicación integral de los dispositivos del hogar.

El desarrollo de la tecnología informática permite la expansión del sistema, sobre todo en países de vanguardia como Estados Unidos, Alemania y Japón.

Acorde a los cambios, el auge de la informática hogareña permite incorporar en los edificios el Sistema de Cableado Estructurado (SCE), que facilita la conexión de terminales y redes. Así, estos edificios reciben el nombre de “inteligentes”, por su automatismo al servicio del propietario.

El boom de estos rascacielos de oficinas comerciales fue de gran impacto. La domótica permitía lograr una eficiencia inédita para el servicio de dispositivos. El primer programa que utilizó la domótica fue el Save. Creado en Estados Unidos en 1984, permite lograr eficiencia y bajo consumo de energía en los sistemas de control de edificios inteligentes.

Estas instalaciones regían bajo el sistema X-10, protocolo de comunicaciones que opera a través del accionar de un control remoto. Desarrollado en 1976 por Pico Electronics (Escocia), sigue siendo la tecnología más utilizada dentro de la domótica. Al transmitir datos por líneas de baja tensión, la relación costo-beneficio sigue siendo la mejor opción en el rubro.

Implantada desde hace más de treinta años, la domótica ha progresado a gran escala desde que se desarrollaron las redes informáticas de comunicación, ya sea por sistema cableado o vía Wi-Fi. El avance tecnológico vino a suplir las falencias de los comienzos, ya que permite

integrar de manera eficiente todos los dispositivos tecnológicos de una casa. Con el fin de la década del '80 las tecnológicas de un comienzo, destinadas a fines comerciales, comienzan a llegar a los hogares.

Irrumpe la era de la TIC (la tecnología de informática y comunicaciones), que posibilita entender una forma más realista de comprender la instalación domótica en casa. En la actualidad hay una oferta consolidada en torno a los servicios de domótica. Nuevos protocolos permiten un desarrollo que en un principio era impensado.

Sistemas de desarrollo 2.0 como el ZigBee permiten conformar un protocolo inalámbrico de comunicación domótica. Al requerir una baja tasa de envío de datos, es en la actualidad uno de los protocolos más requeridos para las casas “inteligentes”, ya sea en sensores de movimiento, detectores de humo y otras funciones de seguridad en el hogar. Con la domótica aplicada a la automatización hogareña se mejora en seguridad, confort y ahorro energético, aspectos muy observados por los poseedores de estos sistemas. La llegada de Internet a gran velocidad provocó un giro favorable para su desarrollo

(STEFAN JUNESTRAND, 2004)

5. Formulación del problema

Las personas con algún grado de discapacidad enfrentan en su diario vivir con numerosas barreras a la hora de ser autónomos en su entorno laboral y en el hogar. Al hablar de barrera nos referimos a barreras arquitectónicas y a las barreras actitudinales.

Las principales barreras que afrontan las personas discapacitadas son: El Prejuicio social, dificultad al acceso a la información y educación, problemas de accesibilidad, incapacidad o rechazo en el campo laboral, dependencia en el hogar

6. Justificación y alcance

En América Latina existen alrededor de 85 millones de personas con algún tipo de discapacidad. Sólo entre el 20% y el 30% de los niños discapacitados asisten a la escuela en la región.

Gracias a los avances tecnológicos que existen en la actualidad se puede controlar, ayudar y facilitar las labores de las personas. La domótica es una solución para controlar, monitorear y brindar mayor seguridad a los habitantes. El proyecto surge el fin de hacer un diseño en la rama de la domótica para personas con discapacidad motriz, ya que estudios revelan que la calidad de vida que tienen estas personas se le ve gravemente afectada y todo debido a la inhabilidad que esta presenta. La meta principal es mejorar precisamente la calidad y el estilo de vida de estas personas con cierta discapacidad, para así brindarles una mayor autonomía, comodidad y mucho confort dentro de su hogar.

La función principal que brinda este proyecto es la implementación de comando de voz para que la persona pueda hacer por sí misma hacer funciones básicas dentro de su habitación como poder tener control de las luces, encender, apagar, abrir y cerrar puerta, abrir y cerrar cortina, activar o desactivar el sistema de seguridad de la puerta de su habitación. Incluyendo la posibilidad de realizar una eficiencia energética dentro de su hogar para que así el consumo energético no sea elevado y el proyecto sea viable para cualquier tipo de persona de ingreso promedio.

6 Objetivos

6.1. Objetivo general

Desarrollar e implementar una plataforma tecnológica para personas con cuadriplejia, mejorando su autonomía adecuando su entorno a través de sistemas embebidos.

6.2. Objetivos específicos

- Identificar el estado actual de las tecnologías y herramientas que sirven como plataformas de ayuda al personal discapacitado.
- Desarrollar e integrar tecnologías con el propósito de mejorar el confort y calidad de vida de las personas discapacitadas.
- Evaluar las ventajas del uso de Arduino en la implementación de plataformas para personas discapacitadas (cuadriplejia).
- Diseñar un sistema de transmisión y recepción de radio frecuencia para el control de actuadores de un sistema domótico.

7. Marco de referencia

7.1. Estado del arte

E. Farfán, D. Quizhpe realizaron un estudio para el diseño e implementación de un sistema domótico controlado de forma remota por control de voz por medio de Arduino y LCN (Local Network Control). Los autores implementan el sistema por módulos que se dividen en las funciones a implementar al hogar, y cada módulo tiene la estación de control por voz independiente. Las funciones que le dan los autores son: apagar y encender luces, abrir y cerrar puertas y activar sensores de movimiento.

Tabla 1

Asignación de tareas a Arduino por medio de palabras clave

| Comando válido SRCV | Acción Arduino |
|--|--|
| <i>encender luces cocina</i> | Foco cocina 100% |
| <i>apagar luces cocina</i> | Foco cocina 0% |
| <i>encender luces estudio</i> | Foco estudio 100% |
| <i>apagar luces estudio</i> | Foco estudio 0% |
| <i>encender luces sala</i> | Foco sala 100% |
| <i>apagar luces sala</i> | Foco sala 0% |
| <i>encender luces dormitorio</i> | Foco dormitorio 100% |
| <i>apagar luces dormitorio</i> | Foco dormitorio 0% |
| <i>sala 25</i> | Foco sala 25% |
| <i>sala 50</i> | Foco sala 50% |
| <i>sala 75</i> | Foco sala 75% |
| <i>dormitorio 25</i> | Foco dormitorio 25% |
| <i>dormitorio 50</i> | Foco dormitorio 50% |
| <i>dormitorio 75</i> | Foco dormitorio 75% |
| <i>abrir puerta</i> | Abre puerta principal |
| <i>cerrar puerta</i> | Cierra puerta principal |
| <i>activar ventilador</i> | Activa ventilador de cocina |
| <i>desactivar ventilador</i> | Desactiva ventilador de cocina |
| <i>activar sensor de movimiento</i> | Activa el foco de acción del sensor de movimiento |
| <i>desactivar sensor de movimiento</i> | Desactiva el foco de acción del sensor de movimiento |
| <i>escena 1</i> | Enciende los focos de cocina y estudio el 100% |
| <i>simulación de presencia</i> | Enciende focos de sala y dormitorio un 28% |
| <i>apagar todo</i> | Apaga todas las cargas (luces) y cierra la puerta |

Fuente: Autoría propia,

Tabla 2

Pruebas de reconocimiento de voz a distancia

| Intensidad de voz | Velocidad del habla | Distancia al micrófono | Estado |
|-------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| Medio | Lento | 50 cm | Reconocido (3ro. intento) |
| | | 1.5 m | No reconocido |
| | | 3 m | No reconocido |
| | Medio | 50 cm | Reconocido (1er. intento) |
| | | 1.5 m | Reconocido (2do. intento) |
| | | 3 m | Reconocido (2do. intento) |
| | Rápido | 50 cm | No reconocido |
| | | 1.5 m | No reconocido |
| | | 3 m | No reconocido |
| Alto | Lento | 50 cm | Reconocido (2do. intento) |
| | | 1.5 m | Reconocido (2do. intento) |
| | | 3 m | No reconocido |
| | Medio | 50 cm | No reconocido |
| | | 1.5 m | No reconocido |
| | | 3 m | No reconocido |
| | Rápido | 50 cm | No reconocido |
| | | 1.5 m | No reconocido |
| | | 3 m | No reconocido |

Fuente: Autoría propia.

Hornero R, Corralejo R, Álvarez D, Martín L Realizaron un estudio, diseño y validación del control domótico a partir de la señal de encefalograma por medio de un sistema de Brain Computer Interface para ayudar a las personas con una discapacidad grave que sean más autónomas. Los resultados que muestran los autores es que la mayoría de los usuarios fueron capaces de controlar la aplicación con una precisión superior al 65%. Tres de ellos, incluso, superaron el 85%.

Tabla 3

Resultados de la señal de encefalograma en cada sesión [2]

| Nº usuario | U01 | U02 | U03 | U04 | U05 | U06 | U07 | U08 | U09 |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Nº sesión | | | | | | | | | |
| S1 | 95,00 | 7,00 | 96,00 | 82,00 | 92,31 | 55,00 | 25,00 | 46,00 | 37,50 |
| S2 | 100,00 | 43,00 | 65,45 | 75,00 | 75,00 | 80,00 | 36,76 | 41,21 | 86,84 |
| S3 | 100,00 | 38,00 | 98,00 | 62,50 | 100,00 | 17,68 | 32,08 | 25,00 | 54,05 |
| S4 | 100,00 | - | 85,54 | 80,00 | 100,00 | 29,17 | - | - | - |
| S5 | 97,33 | - | - | 51,47 | 93,42 | - | - | - | - |
| Precisión media (%) | 98,38 | 26,20 | 84,48 | 65,38 | 95,16 | 37,82 | 33,33 | 36,39 | 64,84 |
| SC (%) | 100,00 | - | 92,86 | 71,43 | 100,00 | 25,00 | 30,77 | 9,09 | 66,67 |

Fuente: Autoría propia.

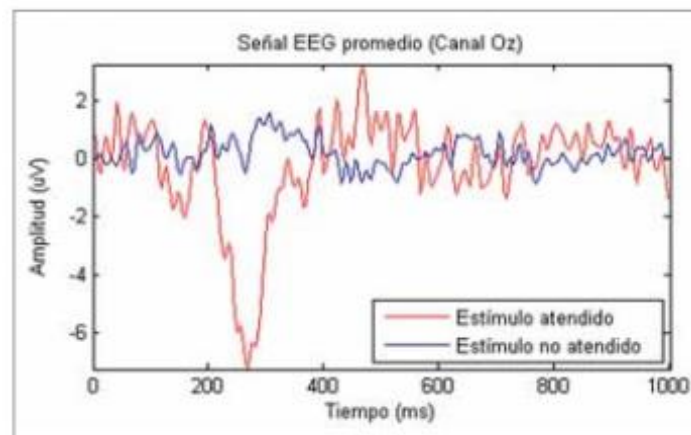


Figura 1 Señal EEG promedio de las sesiones [2]. Fuente: Autoría propia.

Azorín J M, Ibáñez E, Sabater J M, García N M, Pérez C, Fernández E [3] Desarrollaron una interfaz cerebral no invasiva basada en señales EEG que diferencie estados mentales generados de forma intencionada por una persona para controlar el sistema domótico de una vivienda.

Participaron 5 voluntarios hombres sanos, con edades comprendidas entre 23 y 28 años. Se procesaron y clasificaron los datos para obtener la configuración de los algoritmos que mejor diferencian entre los diferentes estados mentales. Se realizó una emulación del tiempo real para determinar cómo se comporta el sistema y medir el tiempo requerido por el usuario para modificar las opciones del sistema domótico

Los resultados muestran que en las pruebas offline se obtuvieron el 59.4% de acierto, un 27.7% de no detección y un 12.9% de error. En las pruebas online mejoraron los resultados obtenidos con un 70.7% de acierto, un 23.4% de no detección y un 5.9% de error y un tiempo medio de 15 segundos para activar una opción en el menú domótica.

Tabla 4

Resultados offline [3].

| | % acierto | % no detección | % error |
|-------------|-----------|----------------|-----------|
| Usuario#1 | 53,1 | 32,0 | 15,0 |
| Usuario#2 | 63,4 | 23,7 | 13,0 |
| Usuario#3 | 66,0 | 22,9 | 11,2 |
| Usuario#4 | 54,2 | 32,7 | 13,2 |
| Usuario#5 | 60,5 | 27,2 | 12,4 |
| Media+Desv. | 59,4±5,7% | 27,7±4,5% | 12,9±1,4% |

Fuente: Autoría propia.

Tabla 5

Resultados online [3]

| | Tiempo medio | % de acierto | % de no detección | % de error |
|-------------|---------------|--------------|-------------------|------------|
| Usuario#2 | 14.8 seg. | 72.8 % | 19.8 % | 7.4 % |
| Usuario#3 | 14.9 seg. | 72.2 % | 21.4 % | 6.4 % |
| Usuario#5 | 15.2 seg. | 67.2 % | 29.0 % | 3.8 % |
| Media+Desv. | 15.0±0.2 seg. | 70,7±3,1% | 23,4±4,9% | 5.9±1,9% |

Fuente: Autoría propia.

Diego Zavala González y Jorge García Sánchez del programa de ingeniería electrónica y comunicaciones del instituto politécnico nacional de México desarrollaron un sistema domótico enfocado al reconocimiento de la voz y transmisión de datos de forma inalámbrica con el fin de apoyar y ayudar a las personas con discapacidad de movimiento, ya que en su país hay un alto número de personas discapacitadas. Este proyecto fue realizado por medio del módulo EASYVR de VeaaR y microcontroladores

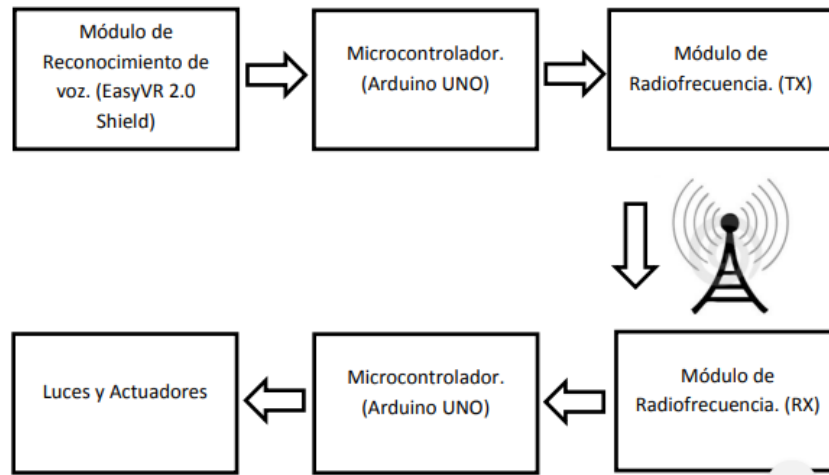


Figura 2 Etapas del sistema domótico [4]. Fuente: Autoría propia.

Nota. Figura 2 muestra de manera ilustrada las transiciones del módulo de comando de voz.

Tabla 6

Resultados de la prueba del sistema domótico [4].

| COMANDO | ESCENARIO SIN RUIDO | | ESCENARIO CON RUIDO DE FONDO. | |
|-------------------|---------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| | Correctas | Incorrectas | Correctas | Incorrectas |
| Activar sistema | 10 | 0 | 8 | 2 |
| Enciende luces | 7 | 3 | 5 | 5 |
| Apaga luces | 8 | 2 | 5 | 5 |
| Enciende actuador | 7 | 3 | 6 | 4 |
| Apaga actuador | 8 | 2 | 7 | 3 |
| Cocina | 10 | 0 | 7 | 3 |
| Sanitario | 9 | 1 | 9 | 1 |
| Sala | 10 | 0 | 8 | 2 |
| Recamara | 10 | 0 | 7 | 3 |
| Patio | 9 | 1 | 7 | 3 |
| Todas | 10 | 0 | 4 | 6 |
| Regresa | 10 | 0 | 9 | 1 |

Fuente: Autoría propia.

Nota, Tabla 6 muestra un ejemplo de un vector de comandos preconfigurados y los resultados obtenidos en cada una de ellas.

Tabla 7

Resultado de la prueba de distancia [4].

| DISTANCIA | PRUEBA DENTRO DE LA CASA | PRUEBA EN ESPACIO LIBRE |
|-----------|--------------------------|--|
| 5 metros | Funcionamiento correcto | Funcionamiento correcto |
| 10 metros | Funcionamiento correcto | Funcionamiento correcto |
| 15 metros | Funcionamiento correcto | Funcionamiento correcto |
| 20 metros | Funcionamiento correcto | Funcionamiento correcto |
| 25 metros | Funcionamiento correcto | Funcionamiento correcto |
| 30 metros | - | Funcionamiento correcto |
| 40 metros | - | Funcionamiento correcto |
| 50 metros | - | Funcionamiento correcto |
| 60 metros | - | No hubo transmisión de datos después de los 50 metros. |

Fuente: Autoría propia.

Nota, Tabla 7 muestra las distancias requeridas para el reconocimiento de los comandos.

8. Marco teórico

8.1. Domótica

Conjunto de sistemas integrados que se interrelacionan y son instalados dentro de un hogar o edificio (inmótica), brindando la posibilidad de automatizar y controlar los dispositivos dentro y fuera del inmueble.

La Asociación de Domótica e Inmótica Avanzada (AIDA) define la Domótica como “La integración en los servicios e instalaciones residenciales de toda tecnología que permita una gestión energéticamente eficiente, remota, confortable y segura, posibilitando una comunicación entre todos ellos”

Además, es importante poner a consideración que solo el hecho de incluir TIC1 (Tecnologías de la Información y Comunicación) al hogar, no encaja en el concepto de domótica.

Pues, la condición necesaria y suficiente que requiere la definición de domótica es que, aparte de la inclusión de las TIC en la vivienda, ésta disponga de sistemas integrados e Interactivos

Los objetivos de la domótica son principalmente el brindar mayor comodidad para las personas en la interacción con elementos del hogar, aumentar el confort y reducir consumo energético.

(Garcia, 2015)

8.2. Tipos de arquitectura

La arquitectura de los sistemas domóticos hace referencia a la estructura de su red a continuación describiremos cada una las cuales son:

8.2.1. Arquitectura centralizada: la *figura 3* muestra una arquitectura centralizada, en la que los elementos a controlar se encuentran conectados al sistema de control de la vivienda. estas poseen un único nodo que recibe toda la información de las entradas, las procesa y envía órdenes a las salidas.

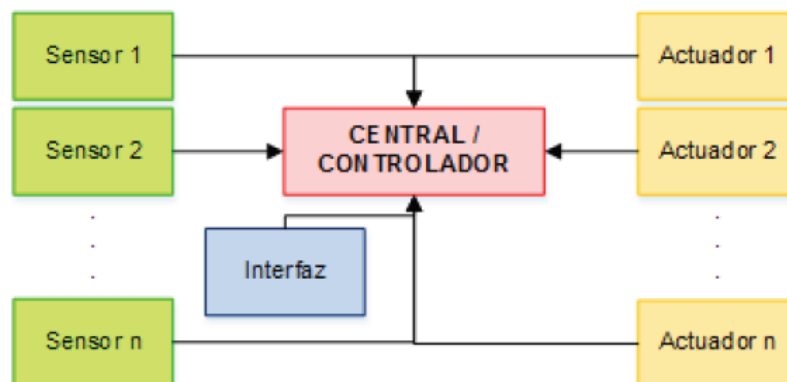


Figura 3 Arquitectura centralizada. Fuente: Rea, F. A. (2016)

8.2.2. Arquitectura descentralizada: la *Figura 4* muestra una arquitectura descentralizada, en la que todos los elementos de la red actúan de forma independiente unos de otros.

Comparten la misma línea de comunicación y cada uno de ellos dispone de funciones de control y de mando

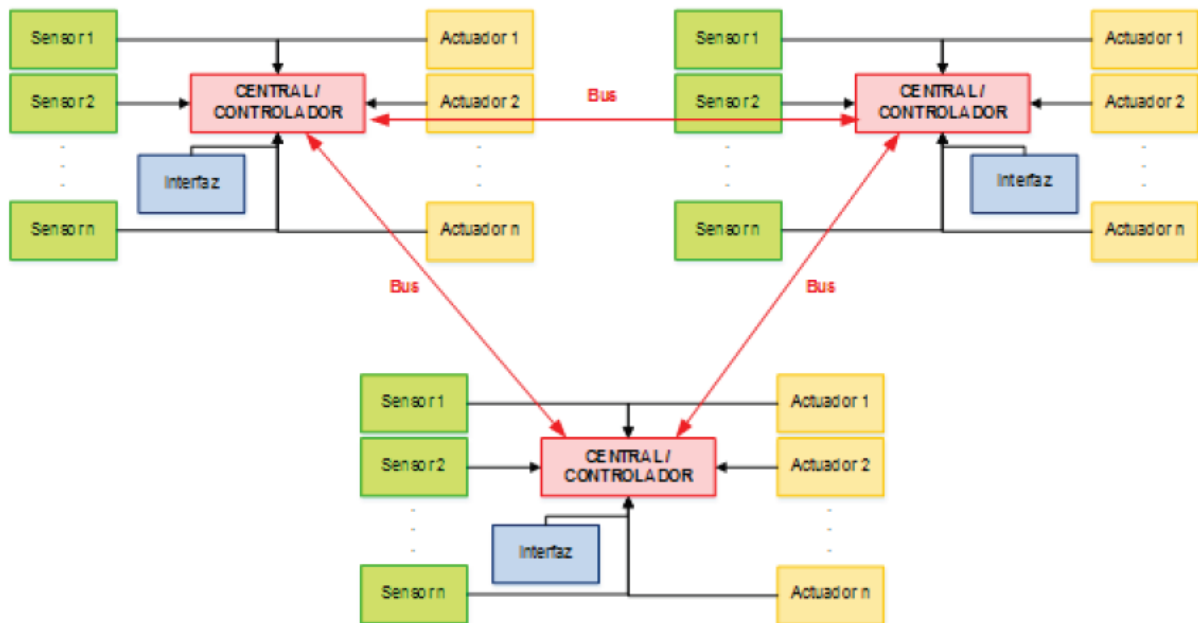


Figura 4 Arquitectura descentralizada. Fuente: Rea, F. A. (2016)

8.2.3. Arquitectura distribuida: La Figura 5 muestra una arquitectura distribuida, en la cual cada sensor y actuador resulta ser también un controlador capaz de actuar y enviar información al sistema.

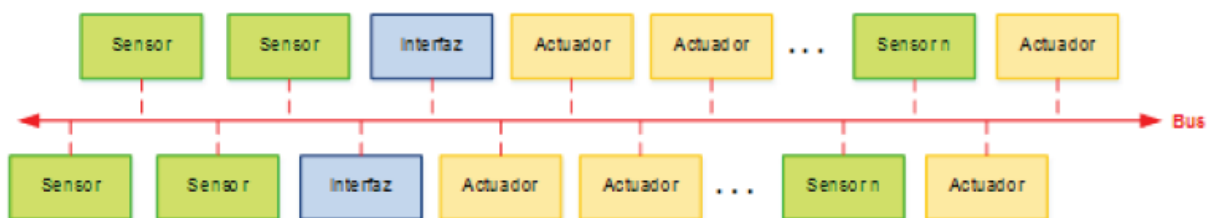


Figura 5 Arquitectura distribuida. Fuente: Rea, F. A. (2016)

8.2.4. Arquitectura híbrida: La Figura 6 muestra una arquitectura híbrida que resulta de la combinación de las arquitecturas centralizadas, descentralizadas y distribuidas. Es posible disponer de un controlador central o varios controladores descentralizados, los sensores y actuadores pueden también ser controladores (como en un sistema

distribuido) y procesar la información según el programa, configuración e información que recibe, y actuar sin que necesariamente pase por otro controlador.

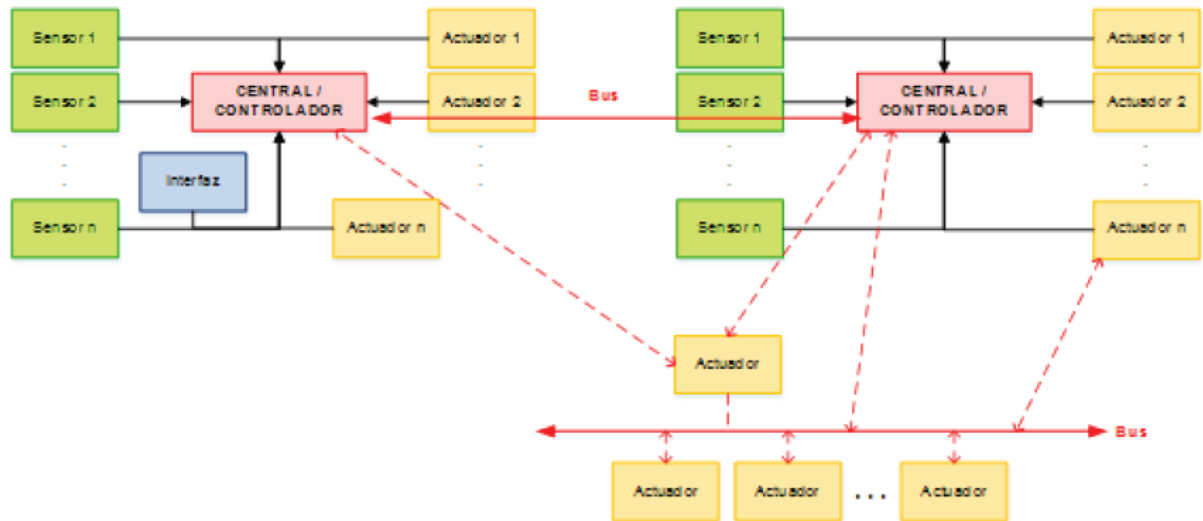


Figura 6 Arquitectura híbrida. Fuente: Rea, F. A. (2016)

8.3. Medios de transmisión

Según los medios de transmisión pueden clasificarse de acuerdo a la información, interconexión y control, entre los distintos dispositivos de los sistemas de domótica.

Los principales medios de transmisión son:

- Cableado Propio
- Cableado Compartido
- Inalámbrico

Cuando un medio de transmisión se usa con el fin de transmitir información entre dispositivos, con la función de controlador, se le denomina bus.

9. Aplicaciones de la domótica

La definición de domótica se basa en 4 pilares fundamentales:

- Seguridad. La funcionalidad del sistema conjuntamente con la correcta ubicación de sensores, incrementan la seguridad de los habitantes del inmueble.

- Ahorro de energía. Para el ahorro energético hace falta contar con sensores que permitan regular la intensidad luminosa de lámparas instaladas dentro del inmueble, además de encender y apagar electrodomésticos únicamente cuando su uso sea requerido e incluso apagar toda la instalación eléctrica cuando el usuario abandone el hogar. Se estima que el ahorro que se puede alcanzar con una instalación domótica bien planificada es del 25%.

- Confort. La posibilidad de que el usuario pueda gestionar toda la instalación desde un control remoto, teléfono celular, monitoreo remoto a través de la web, etc., incrementa notablemente la comodidad y confianza con la que controla la seguridad y el ahorro de energía dentro del inmueble.

- Comunicaciones. Las comunicaciones, en la automatización de viviendas y edificios se encargan de los enlaces dentro del hogar y sus respectivos interfaces fuera de la instalación local a través del Internet, mensajería corta, etc.

El intercambio de información en una instalación domótica es fundamental. Pequeñas cantidades de información deben ser transmitidas con poca frecuencia, pero a grandes distancias y de una manera segura.

Gestión Energética. Los sistemas de control permiten optimizar el sistema de calefacción y climatización por zonas, regular la intensidad luminosa de acuerdo a la luz ambiental, desactivación de grifos si no detecta movimiento de personas, uso de electrodomésticos en horas de menor tarifa, entre otras, optimizando así el consumo energético y ahorro del recurso de agua.

Los requerimientos técnicos más frecuentes en una instalación domótica son:

- Control de iluminación y manejo de persianas
- Sistemas de calefacción, aire acondicionado y ventilación

- Gestión de artículos de línea blanca, como refrigeradores, cocinas, etc.
- Integración y control de dispositivos de línea marrón, como por ejemplo televisores, juegos de consola, sistemas de audio, etc.
- Sistema de comunicaciones para control y supervisión de las instalaciones.
- Seguridad y sistemas de control de acceso.

(Rea, 2016)

9.1. Reconocimiento de voz

El reconocimiento por voz es una tecnología biométrica que utiliza la voz de un individuo para lograr su identificación. Este tipo de soluciones biométricas son bastante populares, dada la cantidad de dispositivos que pueden usarse para tomar las muestras de voz y su facilidad de integración. Hay que tener en cuenta que el reconocimiento por voz difiere de la llamada tecnología del reconocimiento de discurso, que reconoce las palabras a medida que el individuo habla, y que no es una tecnología biométrica [10].

(Steven Guamán, 2018)

9.1.1. Características biométricas de la voz

El proceso de la identificación de personas a través del reconocimiento de voz depende de diversas características del individuo: por un lado, está la estructura física del tracto vocal; por otro se encuentran ciertas características de comportamiento. En el momento del proceso de identificación se ha de tener muy en cuenta la variabilidad que posee la señal de voz, pues el individuo no puede repetir de forma completamente exacta una misma palabra o frase.

Existen dos formas principales de realizar el reconocimiento por voz, dependiendo de si el sistema es dependiente de un texto (una contraseña o una frase programada dentro del sistema), o es independiente de este.

De las muestras de voz obtenidas se analiza el contenido de la frecuencia del discurso, comparando las características de calidad, duración, dinámica, intensidad y tono de la señal.

Tras el procesamiento de la muestra obtenida se realiza la comparación con aquellas almacenadas en la base de datos. En este caso el sistema determinará un radio de similitud, debido a la variabilidad que caracteriza a la señal de voz [10].

9.1.2. Entrenamiento del sistema de reconocimiento de voz

Para el correcto funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz es necesaria una fase previa a la fase de funcionamiento. En esta fase, denominada de training o entrenamiento, se obtienen los patrones de características de cada uno de los locutores que van a poder identificarse inicialmente en el sistema, siendo almacenados en una base de datos de patrones y referencias biométricas.

La necesidad de esta fase no excluye que, una vez puesto el sistema en la fase de funcionamiento haya posibilidad de nuevas inscripciones donde se puedan incorporar patrones biométricos de voz de nuevos individuos que posibiliten su identificación a través del mismo.

(Rea, 2016)

9.2. Funcionamiento del sistema

Una vez se ha obtenido la señal de voz, esta se ha de procesar para obtener de forma eficiente la información presente en la señal acústica. Esta información es almacenada en un vector de características biométricas.

Tras la obtención del vector de características biométricas, se realiza una comparación de 1: N con aquellos almacenados en la base de datos para obtener la similitud entre el vector obtenido en ese momento y cada uno de los vectores almacenados. Esta comparación se realiza en el llamado Módulo de Cálculo de Similitudes, y proporciona como resultado una matriz de coincidencias.

La última fase del proceso de reconocimiento de voz, aquella que corresponde con la toma de decisiones, es la de mayor criticidad dentro del sistema. Con la matriz de coincidencias debe decidir sobre la identidad del individuo que ha generado la señal de voz [10].

(BU, 2018)

9.3 Debilidades del sistema

Aunque el reconocimiento por voz puede ser una buena opción para resolver problemas de identificación debido sobre todo a su fácil implementación, se ha de tener en cuenta la posible susceptibilidad al canal de transmisión y a las variaciones del micrófono o del ruido externo que se pueda generar dentro del canal de transmisión, que puede dar lugar a un aumento de la tasa de falsos negativos [10].

10. Elementos del sistema

10.1 EASYVR

La tarjeta EasyVR 3.0 es una tarjeta Shield de reconocimiento de voz para Arduino. Esta tarjeta Shield incluye todas las características de los módulos EasyVR 3.0 con una estructura que simplifica la conexión entre la tarjeta Arduino y tu computador.

EasyVR 3.0 está diseñada para múltiples proyectos que requieran capacidades de reconocimiento de voz. EasyVR 3.0 es la tercera generación del módulo VRbot y se basa en

las características y funcionalidad de su predecesor. Además de las **características de EasyVR 3.0**, tales como 32 Altavoces dependientes definidos por el usuario (SD) y 26 altavoz independientes (SI), posee conectores adicionales para la entrada de micrófono, una salida de altavoz de 8 ohmios, salida con conector Jack para audífonos, y acceso a los pines de E/S del módulo EasyVR 3.0.

Nota: A diferencia de V2.0, la EasyVR Shield 3.0 no se encuentra ensamblada, por lo tanto, requerirá ser soldada y ensamblada.

Características:

- 26 altavoces independientes (SI) disponibles en idioma inglés, italiano, japonés, alemán, español y francés, y más), todos listos para ejecutar los controles básicos.
- Soporta hasta 32 altavoces dependientes definidos por el usuario (para cualquier lenguaje) así como también soporta claves de voz.
- Interfaz de usuario gráfica simple y fácil de usar para programar comandos de voz para tu robot.
- Tarjeta Shield compatible con los siguientes Arduino:
- Arduino Duemilanove, Arduino Uno (R3), Arduino Mega, Arduino Leonardo y Arduino Due.
- El módulo puede ser usado con cualquier servidor con una interfaz UART (energizada con 3.3V – 5V).
- Protocolo simple y robusto para acceso y programación del módulo a través de la tarjeta controladora.
- Incluye Sonic net para controlar uno o más EasyVR 3.0s wirelessly con fichas de sonido generadas por el módulo u otra fuente de sonido.
- Hace tus propios sonidos usando la herramienta Sensory QuickSynthesis4.

- El nuevo EasyVR GUI incluye comandos para procesar y descargar tablas de sonido hechas a medida hacia el módulo (guardándose sobre de la tabla anterior).
- Conector para entrada de micrófono.
- Salida de parlantes de 8 ohm.
- Jack para Audífonos.
- Acceso a los pins de entrada y salida del EasyVR.
- LED programable para comprobar comunicación durante procesos de reconocimiento.
- Librería Arduino disponible.

(Twenergy, 2019)

10.2 Sensor de presencia

La aplicación más extendida de los detectores de presencia es la iluminación, aunque también pueden encontrarse en instalaciones de climatización, de control o de seguridad. Su uso permite el ahorro de energía en espacios de uso esporádico.

Por lo general, su funcionamiento se basa en combinar un sensor de movimiento junto con un temporizador y un interruptor electrónico. Sin embargo, existen diferentes tecnologías que es conveniente conocer para saber cuál es la más adecuada en cada caso particular.

De esta manera, con un buen ajuste de los parámetros, se pueden conseguir ahorros en: aulas, oficinas, vestuarios, salas de reunión, pasillos y almacenes.

En el mercado existen sensores basados en diferentes tecnologías para detectar la presencia de personas en un espacio determinado, pero todos ellos deben activar las luces tan pronto como una persona acceda a una estancia y apagarlas tan pronto como la abandone.

10.3 Detectores por infrarrojos

Los detectores de presencia más sencillos y habituales son los denominados Passive Infrared (PIR) y están basados en la diferencia de calor emitido por los seres humanos en movimiento respecto al del espacio vacío. Estos sensores, de tipo pasivo, no son capaces de “ver” a través de obstáculos, incluyendo cristal, y poseen una sensibilidad baja, por lo que no se recomienda para pequeños movimientos o para superficies amplias. Por todo ello, los detectores PIR están indicados en zonas de paso como escaleras o aparcamientos, pero es necesario evitar fuentes de calor que apunten directamente o se encuentren cercanas, ya que desestabilizan el sensor.

10.4 Arduino

Es una marca registrada que desarrolla una familia de plataformas electrónicas de prototipado rápido. En particular, estas plataformas incluyen una placa de circuito impreso con un microcontrolador y gran cantidad de periféricos y funcionalidades, como por ejemplo: un puerto USB, un conjunto de pines de entrada y salida, o sensores de presencia. Arduino ha sido desarrollado principalmente para diseños de sistemas electrónicos y gestión de información procedente de sensores, para así poder interactuar con lo que le rodea gracias a diferentes actuadores, como relés, bombas, motores, etc.

El principal atractivo de estos dispositivos es su precio bajo, lo que genera un fácil acceso al mismo y un desarrollo rápido de la comunidad. Además, al estar diseñado para un uso muy intuitivo y sencillo, es apto para un público con pocos conocimientos de electrónica y programación.

Por otra parte, esta herramienta es de fuentes abiertas, por lo que todo usuario es libre de crearse una plataforma Arduino propia, dispone de un IDE gratuito y el código fuente es modificable, por lo que da grandes posibilidades de adaptación y ampliación.

Todo esto ha favorecido la formación de una gran comunidad de usuarios que comparten su conocimiento en internet.

La programación del Arduino se realiza a través de su IDE, donde se utiliza un lenguaje desarrollado por Arduino que consta de una mezcla de C y C++. Este IDE gratuito se descarga y utiliza en cualquier ordenador, simplemente conectando por medio de USB el Arduino. Como puede observarse, no es necesario invertir mucho esfuerzo ni dinero para diseñar y llevar a la práctica todo lo relacionado con esta plataforma.

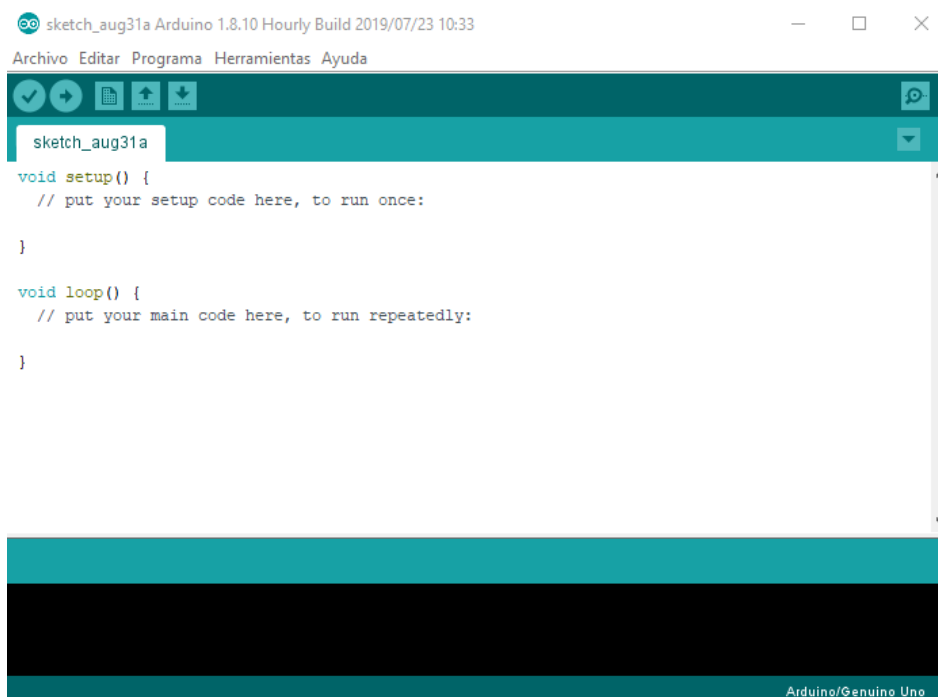


Figura 7 Entorno de Arduino. Fuente: Autoría propia

Dado lo anterior, se ha optado por Arduino para la realización del presente proyecto en vez de otras plataformas de similares características.

Para la elección de la placa se ha tenido en cuenta principalmente la reducción del tamaño, la facilidad de conexión y el hecho de que, teniendo capacidad de conexión y operación suficientes para las funciones deseadas, no se esté infravalorando la placa.

(Arduino Store, 2019)

10.5 RELÉ

Es un aparato eléctrico que funciona como un interruptor, abrir y cerrar el paso de la corriente eléctrica, pero accionado eléctricamente. El relé permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán, por eso también se llaman relés electromagnéticos o relevador. Fíjate en la siguiente imagen y vamos a explicar su funcionamiento.

Funcionamiento del Relé

Vemos que el relé de la *figura 8* tiene 2 contactos, uno abierto (NO) y otro cerrado (NC). Cuando metemos corriente por la bobina, esta crea un campo magnético creando un electroimán que atrae los contactos haciéndolos cambiar de posición, el que estaba abierto se cierra y el que estaba normalmente cerrado se abre. El contacto que se mueve es el C y es el que hace que cambien de posición los otros dos.

Como ves habrá un circuito que activa la bobina, llamado de control, y otro que será el circuito que activa los elementos de salida a través de los contactos, llamado circuito secundario o de fuerza.

Los relés Pueden tener 1, 2, 3 o casi los que queramos contactos de salida y estos pueden ser normalmente abiertos o normalmente cerrados.

Los relés eléctricos son básicamente interruptores operados eléctricamente que vienen en muchas formas, tamaños y potencias adecuadas para todo tipo de aplicaciones. Los relés también pueden ser relés de potencia, más grandes y utilizados para la tensión mayores o aplicaciones de conmutación de alta corriente. En este caso se llaman Contactores, en lugar de relés. [15].

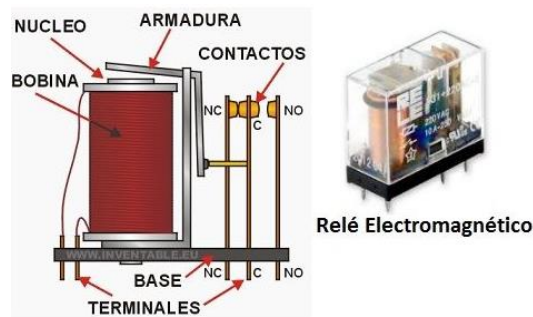


Figura 8 Partes de un relé [15]. Fuente anónima.

10.6 Sensor de temperatura dht11

Este sensor se caracteriza por tener la señal digital calibrada por lo que asegura una alta calidad y una fiabilidad a lo largo del tiempo, ya que contiene un microcontrolador de 8 bits integrado. Está constituido por dos sensores resistivos (NTC y humedad). Tiene una excelente calidad y una respuesta rápida en las medidas. Puede medir la humedad entre el rango 20% – aprox. 95% y la temperatura entre el rango 0°C – 50°C.

Cada sensor DHT11 está estrictamente calibrado en laboratorio, presentando una extrema precisión en la calibración. Los coeficientes de calibración se almacenan como programas en la memoria OTP, que son empleados por el proceso de detección de señal interna del sensor.

El protocolo de comunicación es a través de un único hilo, por lo tanto, hace que la integración de este sensor en nuestros proyectos sea rápida y sencilla. Además, presenta un tamaño reducido, un bajo consumo y la capacidad de transmitir la señal hasta 20 metros de distancia.

Características

- Alimentación: $3Vdc \leq Vcc \leq 5Vdc$
- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura: ± 2.0 °C .
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- Precisión de medición de humedad: 4% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH
- Tiempo de censado: 1 segundo.

11. Metodología

A continuación, se describirá el proceso que se realizó para la etapa diseño e implementación de la habitación domótica para personas cuadripléjicas. El primer que se realizó fue seleccionar el mejor método de reconocimiento de voz que cumpla con todas las necesidades del proyecto. Calcular la fuerza par que necesitan los motores que soporte las cargas de las cortinas y la puerta. Para calcular los motores de las cortinas se utilizó la herramienta que ofrece la página de motores y persianas.

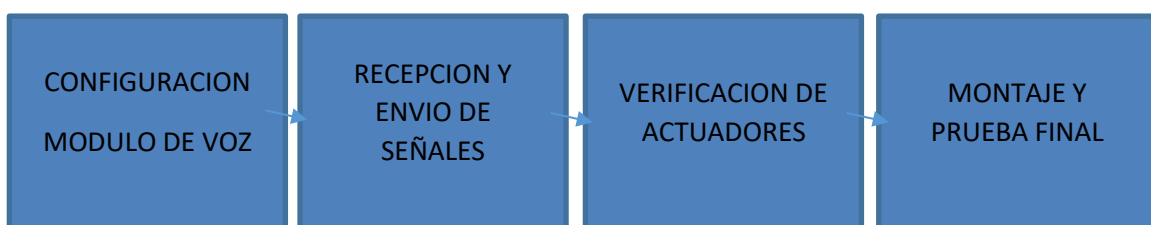


Figura 9 Diagrama de bloques según la metodología. Autoría propia.

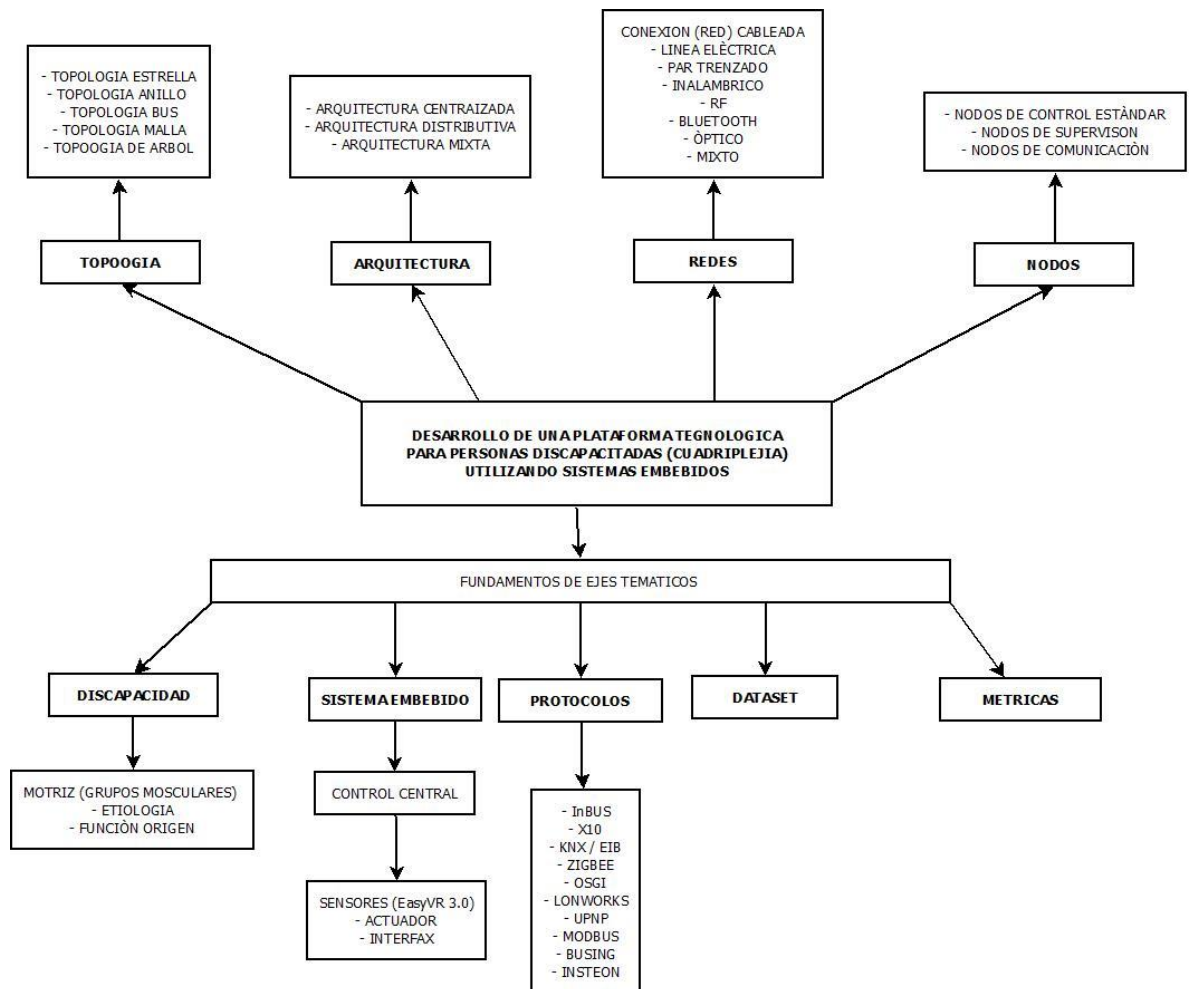


Figura 10 Diagrama de bloques según la metodología. Autoría propia.

Nota. Figura 10 muestra todos los temas abarcados en la investigación.

11.1 Pre configuración módulo de voz

Lo siguiente que se procede hacer es la parte de programación, esto se realiza con el Arduino y el módulo de reconocimiento de voz EasyVR. Esta parte es la parte principal y la más importante a realizar en el proyecto.

Para poder realizar la programación del módulo de voz se debe hacer unas configuraciones previas para que este pueda funcionar. Para que el Arduino reconozca el EasyVR se descarga las librerías dadas por el fabricante y se instalan en el IDE, luego se realiza la parte de detección del puente en el que está el módulo de voz. Esto se hace principalmente para que

pueda programar correctamente, ya que dependiendo del puente en el que este tiene una compatibilidad y función diferente para los diferentes programas con que se trabaja.

11.2 Configuración módulo de voz

Luego de las configuraciones previas se procede a grabar los comandos de voz, esto se hace con el programa EasyVR Commander suministrado por el fabricante. En este programa podemos entrar 15 grupos para guardar nuestros comandos. Así mismo trae 3 grupos de comandos por defectos que podríamos utilizar dependiendo de nuestras necesidades y un grupo para hacer una tabla de sonidos. Para trabajar con este programa se debe colocar el puente del módulo EasyVR en modo PC para que los comandos queden guardados correctamente en la memoria de dicho módulo. De lo contrario los comandos se les borra el entrenamiento o simplemente no se guardan en la memoria.

A continuación, procedemos a grabar la tabla de sonidos que queremos reproducir con el módulo de voz con el programa Audacity, este programa es gratis y nos ofrece la opción de grabar lo que deseemos con una excelente calidad, además de poder editar y corregir las grabaciones, y lo más importante es que nos exporta las grabaciones en formato WAV. Al momento de guardar las grabaciones en el módulo de voz se utiliza el programa Quick Synthesis (QS). Para poder importar los audios al QS deben cumplir un formato que es: archivos .WAV, audios monofónicos, frecuencia de muestreo ≥ 8000 y a 16 bits por muestra. Cuando los audios estén correctamente se crea la tabla de sonido en el QS, se comprimen y se construyen para poder importarlos en el EasyVR Commander que es el que los guarda en la memoria del módulo de voz. Para guardar los audios hay que tener en cuenta que se debe tener conectado el módulo de voz y colocar el puente en modo UP para importar los audios y luego mover el puente a modo PC para gestionar los audios.

Ya al tener todas las configuraciones previas, los comandos y los audios guardados en el EasyVR lo siguiente que se hace es realizar el código que se desea. En este caso se realiza el código por medio de acciones para así realice las acciones deseadas por medio de la función CASE.

(Emmanouil Fytrakis, 2015)

11.3 VERIFICACIÓN DE COMANDOS

Cuando se termina el código y lo siguiente es verificar su correcto reconocimiento con distintas personas.

Tabla 8

Reconocimiento de comandos

| COMANDO | RECONOCIMIENTO PERSONA 1 | RECONOCIMIENTO PERSONA 2 | RECONOCIMIENTO PERSONA 3 |
|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Prender Luz | 96% | 90% | 93% |
| Apagar Luz | 96% | 90% | 93% |
| Abrir Cortina | 85% | 79% | 79% |
| Cerrar Cortina | 85% | 79% | 74% |
| Abrir Puerta | 83% | 85% | 98% |
| Cerrar Puerta | 83% | 84% | 84% |
| Terminamos | 75% | 89% | 96% |
| Hola Jinx | 73% | 86% | 78% |
| Jinx | 88% | 98% | 75% |

Fuente: Autoría propia.

Ya que todos los comandos se probaron lo siguiente es comprobar el correcto funcionamiento de los comandos, para esto utilizamos unos módulos relé. Al momento de comprobar el funcionamiento se pudo observar que estos módulos encienden con señales en bajo, es decir hay que enviar ceros para activar los relés.

Se corrige el código y al momento de probar las acciones, todo funciona 100% correcto.

12. Montaje

Para el montaje de los motores de las cortinas primero hay que verificar que estén alineados y bien sujetos para que no sufra de pandeo para que así no se pierda potencia. El motor se coloca como reemplazo del mecanismo manual para abrir y cerrar la cortina.



Figura 11 Sistema de la cortina. Fuente

Lo siguiente a hacer es colocar el motor de la puerta, pero para esto primero hay que colocar el mecanismo. El mecanismo consta de un piñón, un engranaje y una cadena. El piñón se coloca en el motor para conectar la cadena y así abra y cierre la puerta. La puerta va conectada a la cadena por medio de una placa que la engrana.



Figura 12 Sistema de la puerta. Fuente:



Figura 13 Sistema de cortina. Fuente: Autoría propia.

Las observaciones de este montaje es alinear perfectamente el piñón del motor con el engranaje para que la cadena quede alineada correctamente y no se salga.

12.1 Montaje sensor de presencia

Para el montaje del sensor de presencia es necesario hacer un agujero en el cielo raso para introducir el sensor, este consta de tres cables, positivo negativo y señal. La señal es la que envía la corriente al bombillo y así lo prende. Para colocar este sensor hay que colocarlo de forma paralelo al cable positivo del interruptor que enciende el bombillo para que así siga funcionando de las dos formas.

12.2 Montaje sensor de temperatura

Este se coloca cerca a la persona discapacitada de forma que no se vea alterada su lectura porque le da la luz solar directamente o el aire acondicionado.

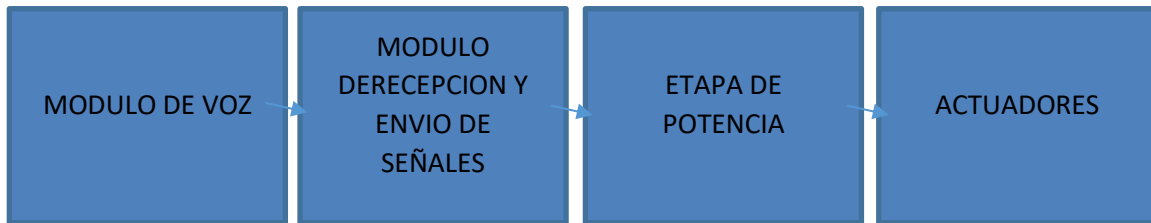


Figura 14 Diagrama de bloques del sistema. Fuente: Autoría propia.

13. Análisis y resultados

A continuación, se describirá todo el proceso desde la programación hasta el montaje de los sensores y actuadores para el sistema domótico. El primer paso fue seleccionar el método de comandos de voz que fue la tarea más complicada de todo el proyecto, no solo por encontrar un asistente para los comandos de voz, si no, para las cumplir con los requerimientos del proyecto que son de no reconocer una sola voz si no de distintas personas. El EasyVR nos proporciona esta característica especial y por eso fue el seleccionado, además de que se pueden manejar 32 comandos independientes de los ya programados además este módulo tiene un shield para poder trabajar con Arduino, todo lo anterior lo califica como el mejor módulo de voz en el mercado para el proyecto actualmente.



Figura 15 Dispositivo final de voz y potencia. Fuente: Autoría propia.

14. Comandos de voz

Para programar este lo primero que hice fue leer el manual que trae para conocer los voltajes que soporta y las líneas de código que se requiere para programarlos. Así mismo este trae una ventaja que ya hay un test en la librería de Arduino para comprobar el correcto funcionamiento del módulo y que se programe correctamente. Luego de todo esto se procede a programar el módulo según las necesidades propias del proyecto, para esto usamos parte del código del test para las configuraciones previas que necesita el módulo EasyVR.

Al momento de programar y grabar los comandos se debe tener en cuenta en qué modo está el puente del módulo porque si no ocurre un problema que me pasó a mí y era muy molesto que al momento de grabar un comando y luego probarlo en programa de Arduino, se sobrescribe el último comando que grabas con uno del lote 1.

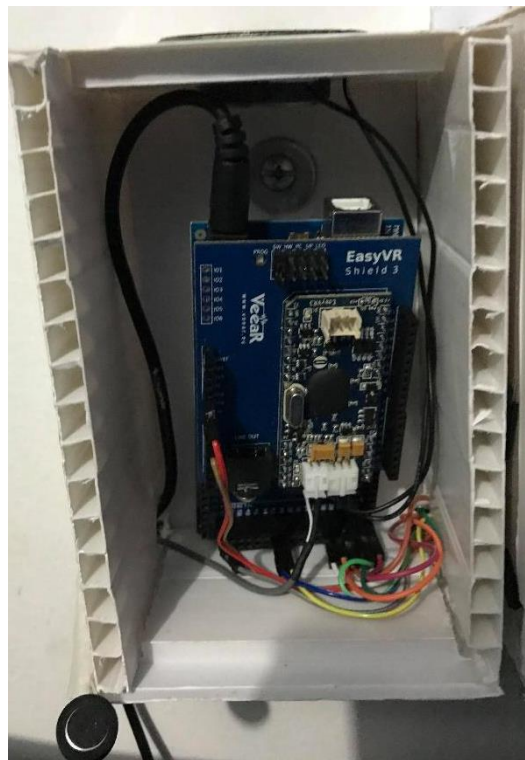


Figura 16 Módulo de voz. Fuente: Autoría propia.

14.1 Sensores

Escogiendo los sensores se toma primero las necesidades del proyecto y con base a eso se busca cuáles son las mejores opciones para implementarlas. En mi caso escogí sensores de movimiento, temperatura, humedad, y de gases.

El sensor de movimiento es para saber cuándo ingresa alguien a la habitación. Este es un ST41 que es un sensor de presencia infrarrojo que me enciende la luz cuando alguien ingresa. Un problema que ocurre con este sensor es la calibración de la cantidad de luz a la que trabaja ya que se debe configurar para el día y para la noche o si no el sensor no puede encender el bombillo o puede que se encienda el bombillo solo por interferencia o destellos de luz del tv o del auto reflejo de un espejo por eso hay que colocar el sensor en un lugar estratégico previendo todas las anteriores cosas.



Figura 17 Sensor de movimiento. Fuente Autoría propia.

El sensor de temperatura y humedad es un DHT11 de fácil configuración y un buen funcionamiento, se programa por medio de Arduino.

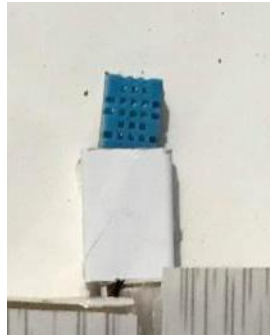


Figura 18 Sensor de temperatura y humedad. Fuente: *Autoría propia*

El sensor de gases es un MQ2, es analógico y también es de fácil configuración es adecuado para detectar GLP, propano, metano, alcohol, hidrógeno, humo. Este sensor es más sensible al GLP y propano, que a los demás gases.

14.2 POTENCIA

Para la parte de potencia utilizamos los módulos relés de Arduino que nos sirve para trabajar con un voltaje de 110 Voltios y así poder activar el bombillo, el motor para abrir y cerrar la puerta, y el motor de las persianas.

Una observación muy importante que hay que tener es que al momento de trabajar con un mayor voltaje que soporta el módulo Arduino hay que colocarle una protección a este para que no se nos dañe el Arduino y para eso colocamos un transistor 2N2222 como conmutador para que no se haga un retorno de voltaje para el Arduino y no se nos queme todos los circuitos y los sistemas conectado a este. Pero gracias a los módulos relés para Arduino ya traen un circuito de protección para nuestra tarjeta de Arduino.



Figura 19 Módulo de potencia. *Fuente: Autoría propia*

15. Conclusiones

Como resultado final se obtuvo un sistema domótico para personas cuadripléjicas que controla las funciones básicas de la habitación como son las luces, puertas, cortinas, entre otras. De acuerdo con los resultados se puede inferir que:

- El dispositivo es eficiente, de fácil montaje, de fácil uso y rentable a comparación con los precios que hay en el mercado para los sistemas domóticos.
- Identifica las voces de distintas personas sin ningún problema, sin importar el tono de la voz.
- El dispositivo cumplió con sus requerimientos para los que se necesitaba, se puede adaptar a cualquier necesidad para el que se requiera.
- Ocupa poco espacio y no es necesario hacer grandes modificaciones a la habitación para instalarlo.

16. Recomendaciones

- Utilizar las acciones de los actuadores por medio de wifi u otro medio inalámbrico. Así se facilita más la instalación y se está más a la vanguardia con respecto a la tecnología.
- Realizar un estudio de eficiencia energética para mejorar el consumo de los motores y de la habitación completa, e incluso de toda la casa si es posible.
- Colocarle protecciones en la parte de potencia al sistema porque un pico de voltaje puede dañar todo el módulo de voz y Arduino, e incluso todo el sistema domótico

17. Bibliografía

- ABC, D. (24 de 09 de 2019). Definición ABC. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/domotica.php>
- Aprendiendo Arduino. (24 de 6 de 2019). Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/09/25/que-es-arduino/>
- Arduino. (23 de 9 de 2019). Arduino . Obtenido de <http://arduino.cl/easyvr-shield-3-0/>
- Arduino. (1 de 10 de 2019). Arduino cl. Recuperado el 1 de 5 de 2019, de <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- Arduino Store. (20 de 6 de 2019). Arduino cl. Recuperado el 10 de 7 de 2019, de <https://store.arduino.cc/usa/>
- Barbara Leporini, M. R. (5 de 7 de 2019). Is the Light On or Off? A Simple Auditory-Based Tool. Recuperado el 30 de 9 de 2019, de ACM: [0https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=3321541](https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=3321541)
- Biometric, S. (19 de 09 de 2019). Serban Biometric. Obtenido de <https://www.serbanbiometrics.es/es/soluciones/reconocimiento-de-voz>
- BU, L. (3 de 7 de 2018). c Recuperado el 30 de 9 de 2019, de ACM: <https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=3185501>
- Emmanouil Fytrakis, I. G. (17 de 7 de 2015). Speech-Based Home Automation System. Recuperado el 30 de 9 de 2019, de ACM: <https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=2783606>
- Garcia, D. Z. (2015). Control domótico por medio de la voz. Mexico Df, Mexico.
- Luigi De Russis, F. C. (23 de 4 de 2015). HomeRules: A Tangible End-User Programming Interface for Smart. Recuperado el 30 de 9 de 2019, de ACM: <https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=2732795>
- OMS. (1 de 10 de 2019). Organizacion mundial de la salud. Recuperado el 1 de 10 de 2019, de https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2011/disabilities_20110609/es/
- Programarfacil. (1 de 5 de 2019). Programarfacil. Recuperado el 2019, de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/sensor-dht11-temperatura-humedad-arduino/>

Prometec. (5 de 5 de 2019). Prometec.net. Obtenido de <https://www.prometec.net/sensores-dht11/#>

R Hornero, C. R. (2013). Diseño, desarrollo y evaluación de un sistema Brain Computer Interface (BCI) (Vol. 24). Valladolid, España: Trauma Fund MAPFRE.

Rea, F. A. (2016). Diseño de un sistema domótico para facilitar la interacción de personas con discapacidad a través de interfaces remotas y mandos por voz. Cuenca- Ecuador.

Roger Boldu, H. Z. (18 de 3 de 2017). InSight: A Systematic Approach to Create Dynamic. Recuperado el 30 de 9 de 2019, de ACM: <https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=3041195>

Sarah Mennicken, J. H. (26 de 4 de 2014). Casalendar: A Temporal Interface for Automated Homes. Recuperado el 7 de 5 de 2019, de ACM: <https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=2581321>

STEFAN JUNESTRAND, X. P. (2004). Domótica y hogar digital. Madrid: Parainfo.

Steven Guamán, A. C. (24 de 9 de 2018). Device Control System for a Smart Home using Voice Commands: A Practical Case. Recuperado el 30 de 9 de 2019, de ACM: <https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=3285977>

Sumathi Balakrishnan, H. V. (31 de 12 de 2018). Review, Smart Home Technologies: A Preliminary. Recuperado el 19 de 9 de 2019, de ACM: <https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=3301575>

Sundara Rajan, I. D. (11 de 9 de 2015). HuMorse: Smartphone based Unified Home Automation For The Disabled and Elderly. Recuperado el 30 de 9 de 2019, de ACM: <https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=2800840>

Svetlana Yarosh, P. Z. (11 de 11 de 2017). Locked or Not? Mental Models of IoT Feature Interaction. Recuperado el 30 de 9 de 2019, de ACM: <https://ezproxy.cuc.edu.co:2378/citation.cfm?id=3025617>

Tecnologia. (24 de 09 de 2019). Tecnolgia. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html>

Twenergy. (23 de 9 de 2019). Twenergy. Obtenido de <https://twenergy.com/eficiencia-energetica/consejos-sobre-ahorro-de-energia/como-funciona-un-detector-de-presencia-912/>

Vazquez, G. (2013). Configuración de instalaciones domóticas y automáticas (2 ed.). Sevilla, España: Paraninfo.

Xataka. (2 de 9 de 2019). Xataka Basics. Recuperado el 1 de 10 de 2019, de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

«Electronilab,» [En línea]. Available: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11/-5:30>. [Último acceso: 30 05 2018].

A. J, I. E y G. N. Sabater J, «control domótico por medio de EEG,» Fundación Mapre, 2009.

18. Glosario

| | |
|----------------------|---|
| 2N222 | Es un transistor bipolar NPN (unión bipolar) de baja potencia de uso general. |
| AIDA | La Asociación de Domótica e Inmótica Avanzada. |
| Arduino | Arduino es una compañía de desarrollo de software y hardware libres, así como una comunidad internacional que diseña y manufactura placas de desarrollo de hardware para construir dispositivos digitales y dispositivos interactivos que puedan detectar y controlar objetos del mundo real. |
| Controladores | Es una pieza esencial del software, y en particular, del núcleo de un sistema operativo, sin la cual el hardware sería inutilizable. |
| Domótica | Conjunto de técnicas orientadas a automatizar una vivienda, que integran la tecnología en los sistemas de seguridad, gestión energética, bienestar o comunicaciones. |
| EasyVR | Es un módulo de reconocimiento de voz de usos múltiples versátil, robusto y económico diseñado para generar y reconocer voz para prácticamente cualquier aplicación. |
| GPL | Es una licencia de derecho de autor ampliamente usada en el mundo del software libre y código abierto. |
| MQ2 | Es un módulo de sensor de gases, se puede utilizar en sistemas de protección contra incendios para detectar hidrógeno, isobutano, gas licuado de petróleo, metano, monóxido de carbono, el alcohol, el humo, propano y otros gases nocivos. |
| OMS | La Organización Mundial de la Salud. |
| TIC | Tecnologías de la Información y Comunicación. |
| ZigBee | Es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). |